

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO
TECNOLÓGICO**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO DE GRADUAÇÃO

DANIEL NAVARRO ELIZEU

PHELLIPE BARCELLOS SANTOS

**ESTUDO PRELIMINAR DE IMPLANTAÇÃO DE USINA DE
PROCESSAMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS VIA PIRÓLISE**

VITÓRIA – ES

JUNHO/2010

DANIEL NAVARRO ELIZEU
PHELLIPE BARCELLOS SANTOS

**ESTUDO PRELIMINAR DE IMPLANTAÇÃO DE USINA DE
PROCESSAMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS VIA PIRÓLISE**

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof^o Dr^o Juan Sérgio Romero Saenz

VITÓRIA – ES

JUNHO/2010

DANIEL NAVARRO ELIZEU
PHELLIPE BARCELOS SANTOS

**ESTUDO PRELIMINAR DE IMPLANTAÇÃO DE USINA DE
PROCSSAMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS VIA PIRÓLISE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico

Vitória - ES, ____, _____, 2010

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Juan Sérgio Romero Saenz
Orientador

Me. Oswaldo Paiva Almeida Filho
Examinador

Eng° Felipe Carvalho da Silva
Examinador

Agradeço a minha mãe Célia, minha irmã Aline e ao meu pai Nélio pela participação nos momentos felizes e pelo apoio durante todos os momentos difíceis por mim enfrentados antes e durante a graduação. (Daniel Navarro)

Aos meus pais e irmãos que sempre me apoiaram e me aconselharam em todas as decisões e caminhos que optei durante a jornada acadêmica. (Phellipe Barcelos)

Agradecemos também:

Aos colegas do CTIII, pelo acolhimento, companheirismo e prestatividade incondicional em várias situações no decorrer da carreira acadêmica.

A Deus, por tornar tudo isso possível.

AGRADECIMENTOS

Às nossas famílias, por dividir conosco o fardo de inúmeras adversidades e alegrias, sempre nos apoiando em nossas decisões.

Aos colegas do CTIII, pelo acolhimento, companheirismo e prestatividade incondicional em várias situações no decorrer da carreira acadêmica.

A Deus, por tornar tudo isso possível.

RESUMO

O crescimento das grandes cidades, da industrialização e do consumo, tem forçado a civilização a conviver com um processo mais intenso de degradação do meio ambiente, ameaçando os recursos naturais e energéticos, além da maior produção de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Isto tem trazido preocupação com relação à sustentabilidade do processo de crescimento das economias mundiais e ao futuro dos recursos esgotáveis. Dessa forma, torna-se essencial a utilização de combustíveis obtidos a partir de fontes renováveis, como por exemplo, os resíduos sólidos, líquidos e gasosos, gerados pela atividade industrial e pelas cidades. Uma das metas do planejamento energético de um país é minimizar a produção de descartes, e incentivar a reinserção dos resíduos e subprodutos nos diversos processos produtivos. Além disso, devem-se minimizar os impactos desses resíduos no meio ambiente. Como exemplo pode-se citar a produção de polímeros, que nas últimas décadas, com a evolução da pesquisa, tem provocado um crescimento na geração de resíduos, que devido à sua composição, permanecem intactos nos aterros por longos períodos de tempo sem que haja sensível degradação. Por outro lado, grande parte destes materiais possui características bastante adequadas ao reaproveitamento ou reciclagem e, que podem apresentar razoável potencial energético. Entre os polímeros mais comuns estão as borrachas, principalmente as empregadas nos pneus automotivos, que tem gerado, nos países com maior frota, grandes problemas ambientais, ainda não completamente solucionados.

Procurando contribuir para a solução destas questões, apresenta-se um estudo preliminar sobre a possível implantação de uma usina de reciclagem de pneus via pirólise para a obtenção de óleo e gás combustível através de sua gaseificação, tomando como base a realidade do estado do Espírito Santo quanto à disponibilidade e acessibilidade de pneus descartados em tal região. Foi avaliado o potencial de disponibilidade de pneus descartados no estado, a possibilidade de comercialização dos produtos provenientes da pirólise dos pneus e do retorno financeiro no tempo.

Palavras Chave: Pirólise, pneus e meio ambiente.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Demonstrativo da composição geral do pneu.....	6
Gráfico 2 - Resenha Energética Brasileira 2008 – Ministério de Minas e Energia (MME).....	68
Gráfico 3 - Distribuição dos veículos no ES por espécie.....	70
Gráfico 4 – Número de veículos licenciados no estado do ES por tipo de combustível.....	71
Gráfico 5 – Número de veículos licenciados por número de eixos.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação Geral dos Polímeros.....	9
Figura 2 - Estrutura atômica do Estireno e Butadieno respectivamente.....	10
Figura 3 - Estrutura da Borracha Estireno-butadieno.....	10
Figura 4 - Estrutura atômica isômero da borracha natural.....	11
Figura 5 - Estrutura da Borracha Estireno-butadieno.....	11
Figura 6 – Construção do Pneu Radial.....	12
Figura 7 – Construção do Pneu Diagonal.....	13
Figura 8 – Pneus fora de estrada.....	21
Figura 9 – Pneus de aviação.....	21
Figura 10 – Processo SVEDALA/METSO.....	35
Figura 11 – Forno de pirólise por microondas.....	39
Figura 12 - Forno a Arco Elétrico.....	40
Figura 13 - Processo Petrosix.....	45
Figura 14 - Esquema do Perfil de Recuperação das Áreas Mineradas.....	46
Figura 15 - Esquema e vista geral de um forno rotativo.....	52
Figura 16 - Esquemático da seção A da Usina de Pirólise.....	55
Figura 17 - Planta demonstrativa instalada em Jinan, China.....	57
Figura 18 - Reator pirolítico instalado em Jinan, China.....	57
Figura 19 - Esquemático da seção B da Usina de Pirólise.....	58

Figura 20 - Esquemático da seção C da Usina de Pirólise.....	61
Figura 21 - Esquemático da seção D da Usina de Pirólise.....	62
Figura 22 - Esquemático da seção E da Usina de Pirólise.....	63
Figura 23 - Esquemático da seção F da Usina de Pirólise.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Rendimento da Pirólise de Pneus de procedência segundo a temperatura de retortagem.....	47
Tabela 2 - Composição elementar típica do óleo de pneu.....	48
Tabela 3 - Composição típica de classes químicas do óleo.....	48
Tabela 4 - Rendimento em produtos a partir da destilação fracionada.....	49
Tabela 5 - Composição aproximada do gás de pirólise.....	50
Tabela 6 - Composição aproximada do pneu retortado.....	50
Tabela 7 - Descritivo da seção A da Usina de Pirólise.....	56
Tabela 8 - Esquemático da seção B da Usina de Pirólise.....	59
Tabela 9 - Descritivo da seção C da Usina de Pirólise.....	62
Tabela 10 - Descritivo da seção D da Usina de Pirólise.....	63
Tabela 11 - Descritivo da seção E da Usina de Pirólise.....	64
Tabela 12 - Descritivo da seção F da Usina de Pirólise.....	65
Tabela 13 Quantidade vendida de combustível em milhões de litros do Estado do Espírito Santo.....	67
Tabela 14 Demonstrativo de vida útil de pneus por tipo de veículo em km.....	72
Tabela 15 - Distribuição de carros licenciados por ano de fabricação.....	75
Tabela 16 - Distância percorrida pela frota espírito-santense, 2008.....	75
Tabela 17 - Número de pneus descartados pela frota espírito-santense, 2008.....	76

Tabela 18 - Balanço estimado de pneus descartados pela frota espírito-santense, 2008.....	76
Tabela 19 - Acumulado de pneus descartados no ES, no período de 2000/08.....	76
Tabela 20 - Número de veículos licenciados nas maiores cidade do Estado do Espírito Santo.	80
Tabela 21 - Composição química dos óleos combustíveis mais utilizados.....	91
Tabela 22 - Características dos carbonos N330 e N660 comerciais.....	92
Tabela 23 - Quantidade de produtos gerados.....	93
Tabela 24 - Estimativas Operacionais da Usina.....	93
Tabela 25 – Estimativas de Produção.....	93
Tabela 26 - Estimativas dos preços dos produtos de Pirólise.....	94